

心電學進展

ADVANCES IN ELECTROCARDIOLOGY

主编 郭继鸿

北京医科大学出版社

心 电 学 进 展

主编 郭继鸿

编委 林传骧 王思让 徐成斌 杨 虎 马向荣
杨杰孚 许 原 张海澄 张 萍 李 春
刘元生 王 斌 王立群 刘德平

北京医科大学出版社

XINDIANXUE JINZHAN

图书在版编目 (CIP) 数据

心电学进展/郭继鸿主编. —北京: 北京医科大学出版社, 2002.6

ISBN 7-81071-305-1

I. 心… II. 郭… III. 心电图-临床应用-进展-世界 IV. R540.4-11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 034114 号

北京医科大学出版社出版发行

(100083 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内)

责任编辑: 许小勇

责任校对: 王怀玲 焦 娴 李月英

责任印制: 张京生

莱芜市圣龙印务书刊有限责任公司印刷 新华书店经销

开本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 34 字数: 819 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月第 1 次印刷 印数: 1-3000 册

定价: 90.00 元

版权所有 不得翻印

作者与编译者单位

(以文章先后为序)

黄 宛	中国人民解放军总医院
陈灏珠	复旦大学附属中山医院
赵 易	浙江大学医学院第二附属医院
刘泰槎	北京大学生命科学学院
徐有秋	上海市第二医科大学
崔长琮	西安交通大学第一医院
王思让	中国人民解放军总医院
张文博	滨州医学院附属医院
徐成斌	北京大学人民医院
吴晔良	深圳市第二医院
黄永麟	哈尔滨医科大学第一附属医院
黄元铸	南京医科大学第一附属医院
程显声	中国医学科学院阜外心血管病医院
蒋文平	苏州医学院第一附属医院
顾复生	北京友谊医院
浦寿月	复旦大学附属中山医院
林传骧	北京大学第一医院
朱思明	南京医科大学
鲁 端	浙江大学医学院附属邵逸夫医院
胡大一	北京大学人民医院
刘忠铭	北京大学深圳医院
孙瑞龙	中国医学科学院阜外心血管病医院
林治湖	大连医科大学附属第一医院
汪康平	苏州医学院第一附属医院
张 澍	中国医学科学院阜外心血管病医院
杨钧国	华中科技大学同济医学院协和医院
张 萍	北京大学第三医院

杨延宗	大连医科大学附属第一医院
周金台	天津医科大学第一临床医学院
吴 祥	浙江大学医学院附属二院
戚文航	上海第二医科大学瑞金医院
马向荣	空军北京医院
刘国树	中国人民解放军总医院
饶邦复	暨南大学医学院深圳华侨城医院
黄德嘉	华西医科大学附属医院
王方正	中国医学科学院阜外心血管病医院
杨 虎	北京大学第一医院
高润霖	中国医学科学院阜外心血管病医院
魏太星	河南医科大学第一附属医院
马 虹	中山大学附属第一医院
陆再英	华中科技大学同济医学院同济医院
方祖祥	上海复旦大学
闻颖梅	北京中日友好医院
王立群	北京大学人民医院
许 原	北京大学人民医院
张海澄	北京大学人民医院
都本洁	河北医科大学第二附属医院
吴 杰	华中科技大学同济医学院同济医院
尹炳生	第一军医大学
刘元生	北京大学人民医院
刘德平	卫生部北京医院
李 春	北京大学人民医院
李学斌	北京大学人民医院
余剑波	北京大学人民医院
洪 江	北京大学人民医院
杨杰孚	卫生部北京医院
贾忠伟	北京大学人民医院

心脏病的科学进入了新的篇章，它不是靠一个人的工作，而是许多天才的科学家，超越了一切政治藩篱，潜心钻研而成。他们在世界各地，为了科学的进步，为了达到造福于深受病患折磨的人类的目标，贡献了全部的精力。

—Willem Einthoven

(摘自 1924 年 Einthoven 诺贝尔获奖演讲稿)

前 言

1903 年 Willem Einthoven 应用弦线式心电图机记录到图形清晰、可供临床应用的心电图，至今已整整一百周年了。与 X 线检查技术一样，心电图历经百年，久盛而不衰，为人类健康和生命做出了巨大贡献。

心电图久盛不衰的原因很多，因为不少心血管病依靠或主要依靠心电图诊断，如预激综合征的诊断、心肌梗死的诊断、各种复杂的心律失常的诊断。除此，心血管病学的临床进展不断扩大和提高着心电图的诊断能力，如伴随着超声心动图的进展，心电图诊断心尖肥厚性心肌病的作用日趋重要，如 Brugada 综合征的提出，使右胸导联提示该症的特征性心电图表现被人注意和警惕。

20 世纪 70 年代临床心脏电生理学的出现为一度处于平台期的心电图注入了新的活力，应用心脏电生理技术，使许多心电现象得以复制，心电图裂隙现象等多种伪超常传导现象得以识别，隐匿性预激综合征得到认识，不同水平面的房室阻滞的心电图特征有了新的认识，Lev 氏病的临床诊断逐渐成为可能。20 世纪 80 年代射频消融术横空出世，越来越多的心律失常因此得到根治，这大大激发了医生对心律失常心电图的研究兴趣，其如同心电图的病理解剖的手段，检查和验证着心电图诊断的真伪，心电图诊断房室结双径路的水平提高了，为预激旁路定位的能力提高了，起源于左室流出道室速的心电图特征已被提出等等。这些因素使心电图学不断增添活力，永葆青春。

应当看到，新世纪的心电图也面临着巨大的挑战。起搏心电图是自主心律与起搏节律的混合体，日趋复杂的心电图起搏功能使相应的起搏心电图多变而复杂，起搏专业的医师对此感到困难，而一般临床及心电图医师更为之困惑而迷茫，如何面对这一挑战和解决这一难题的办法正在探讨和摸索中。新型心电图机（计算机）的临床应用，其选用的滤波参数与原来心电图机的参数迥然不同，这将使心电图图形等多方面出现差别，如何适应新的心电图，现有的心电图正常值是否需要更新等等，也将是一个严峻的挑战，如何面对和解决这一问题也需要做出选择。

机遇和挑战同在，这是一切有生命力的事物面临的共同问题，心电图学也是一样。

出版《心电学进展》一书是纪念心电图临床应用百年活动的一部分，其内容具有纪念及学术的双重性。为增加本书的可读性，还增加了相关的一些其他内容。本书是全体作者集体劳动和智慧的结晶，是几十位专家对心电图新世纪到来的共同献礼。主编和编委会仅起到设计和组稿的微薄作用。

心电图已走完百年的漫长历程，带着功绩和赞誉迎来了自己新的世纪，我们衷心祝愿在新的世纪中心电图学将有更大的发展。

郭继鸿

2002 年 5 月于北京

目 录

心 电 学 进 展

心电学史回顾

心电图的回顾	黄 宛 (2)
心电图临床应用百年评价	陈灏珠 (6)
中国心电学教育的回顾与展望	赵 易 (8)

细胞电生理及基础研究

心肌细胞电生理学的 50 年	刘泰燧 (9)
跨室壁复极离散度的分子基础及其与心电图的关系	徐友秋 (14)
心电图的细胞电生理和遗传学基础	崔长琮 (18)

心电图临床应用

心电图检查结果的恰当评价	王思让 (36)
急性心肌梗死心电图诊断的现代观点	张文博 (37)
不典型急性心肌梗死的心电图诊断	徐成斌 (45)
不稳定心绞痛和非 ST 段抬高的心肌梗死	吴晔良 (55)
左心室肥厚的心电图诊断回顾与评价	黄永麟 (61)
心电图对右心室疾病诊断的贡献	黄元铸 (65)
心电图对急性肺栓塞诊断的价值	程显声 (75)
电解质、药物对心电图的影响	蒋文平 (81)
低血钾心电图及临床分析	顾复生 (85)
心肌炎的特殊心电图表现	浦寿月 (90)

心律失常心电图研究

心电图诊断心律失常的误区	林传骧 (92)
心律失常的神经机制	朱思明 (95)
医源性心律失常	鲁 端 (99)
宽 QRS 波群心动过速的鉴别诊断与治疗对策	胡大一 (104)
病窦综合征的认识过程及心电图表现	刘忠铭 (109)
对预激综合征认识的演进	孙瑞龙 (112)
Brugada 综合征的心电图特点及电生理研究进展	林治湖 (115)
心电图 J 波	汪康平 (122)
心电图 T 波电交替及其临床意义	张 澍 (129)

体表心电图预测恶性室性心律失常	杨钧国 (132)
遗传性心律失常	张 萍 (140)
肌袖性房性心律失常的特征	杨延宗 (158)
触发性心律失常	周金台 (168)
2 相折返及折返性室性心律失常	吴 祥 (179)
束支内隐匿传导	戚文航 (186)
房室分离	马向荣 (187)
完全性左束支阻滞与心电图的相关性	刘国树 (197)
原发性传导束退化症	饶邦复 (202)
人工心脏起搏技术的历史和应用现状	黄德嘉 (204)
心电图面临的新挑战	
日趋复杂的起搏心电图	王方正 (207)
计算机心电学发展的机遇与挑战	杨 虎 (214)
其他心电检查技术	
心磁图	高润霖 (221)
高频心电图	魏太星 (229)
信号平均心电图与心室晚电位	马 虹 (234)
QT 离散度——回顾与讨论	陆再英 (240)
心外膜电位的动态标测	方祖祥 (245)
心电峰值标测图	闻颖梅 (251)
压力感受器敏感性试验	王立群 (263)
食管心电图	许 原 (272)
植入性 Holter	张海澄 (288)
心电图讲座与综述	
房室连接区的生理功能	都本洁 (297)
中国人群心电图参数的年龄和性别差异调查	吴 杰 (301)
Einthoven 等边三角理论的价值	尹炳生 (303)
不应期与心电图	郭继鸿 (306)
折返与心电图	郭继鸿 (318)
节律重整与心电图	郭继鸿 (341)
Lev 氏病与心电图	郭继鸿 (350)
Niagara 瀑布样 T 波	郭继鸿 (360)
二联律法则与长短周期现象	郭继鸿 (368)
预激综合征伴发的快慢综合征	郭继鸿 (376)

国外心电学进展

心脏不连续传导的频率依赖性	张 萍 (382)
---------------------	-----------

心脏传导系统的发育和功能	贾忠伟 (402)
自律性降低	洪 江 (409)
自律性增高	李 春 (416)
动态心电图评价心肌缺血的价值和局限性	刘德平 (424)
先天性完全性房室阻滞	杨杰孚 (429)
心肌缺血、损伤及坏死的心电图特征	刘元生 (436)
窄 QRS 波群阵发性室上性心动过速	李学斌 (464)
心律失常的性别差异	余剑波 (483)

心 电 图 标 准 化

心电图机标准化	(494)
常规心电图操作标准化	(498)
心电图测量标准化	(501)
动态心电图工作的建议	(504)
倾斜试验用于诊断血管迷走性晕厥的建议	(512)
心率变异性检测临床应用的建议	(515)

纪念 Einthoven 及心电图临床应用一百周年

心电图学进展

心电学史回顾

心电图的回顾

心电的存在早在 19 世纪中叶便在鸽子、青蛙的心中发现了。1887 年 Waller 首次证明人的心脏中同样也存在生物电，但迟至 1901 年才同荷兰生理学家 Einthoven 首先描记出心电图。两年以后他制出第一台弦线型心电图描记器，以后成批生产，这种根据 Einthoven 三角学说制出的心电图描记器，虽然体积大又必须在暗室中描记，但自 1910 ~ 1920 年已成为许多心脏学工作者宠爱的仪器。

Einthoven 三角学说存在很多缺点，例如心脏并非位于胸腔中心，心脏周围的组织导电性不均匀等等。他依据这些颇有欠缺的科学原理，规定出三个标准导联 I、II、III 导联心电图。仅凭这三个导联，心电科在图形上只能辨别“电轴左偏、右偏”，对左、右心室肥厚都难做出明确的判断，常容易混淆左、右束支阻滞。但凭这类描记器，心脏学工作者可以明确地判断是否为正常的窦性心律，测量 PR 间期、QRS 时间、QT 间期，并对各类主要的房性心律失常（例如各种早搏、心房颤动、扑动等等），各级房室阻滞，室性心律失常（例如各种早搏、室性心动过速、心室颤动），做出首创性的记录，这在本世纪初引起了轰动。

在 1910 ~ 1920 这一年代中，以英国 Sir Thomas Lewis 为代表的多组心电图学工作者，分析了当时能辨认的各类心律失常，由 Levine 写出《Mechanism of the Heart》一书。在很长一个阶段中成为心电图的经典著作。到 30 年代很多心脏学者认为经这位大师的归纳，心电图学的精华已被摄取殆尽，提出心电图学经 Lewis 一代人的研究，已似把牛奶的奶油撇净，心电图学似无更新研究发展的余地。

这种情况在多数大医学院中似乎颇为流行。当我在 1947 年到美国 Rochester 大学进修时，偶然想起在协和医院学医时，三楼有间带有神秘色彩的暗室，只有两三位心脏病学者在里面进行着“心电图”的工作和研究，但对医学生从未讲授过任何有关心电图的知识。这种情况一直持续到日军发动太平洋战争，1942 年日军侵占了协和，以后我和部分同班同学辗转到了上海第一医学院的红十字会医院（现在的华山医院），及成都的伪中央大学医学院附属公立医院，非但未再见心电图机，连教心脏病的先生都未提及心电图学。1947 年，在我两次拒绝参加附有条件的出国学习后，当时的部队卫生部长林可胜（原协和的生理学教授，我在征调时曾在他办公室里协助工作过）第三次敦促我去美进修。当我得知营养学系只研究荧光对人体的损害，我考虑到今后进步的中国仍然需要心电图学，因而提出学习心电图。那时正值二次大战后的初期，美国人对中国人抱有极高的热忱，便立刻借我一册由 George Burch 写的《心电图学入门》。这薄薄的一册书在五章中的四章讲的是 3 个标准导联，主要谈的是 CF 导联，虽然也提及单极导联，但未重视。我这嗜学如命的人 2 个月内便掌握了 3 个标准导联所能掌握的内容。因而他们要求我改起每 2 个月轮流到心电图室学习的住院医师的心电图了。

在感到不满足时就去学心脏的透视及 X 线（同样是自己买书、自己干），也不太难地掌握了各房室的 X 线检查。这时该大学正像其他心脏病学实验室，掀起心导管检查热，但因不熟悉心脏透视，便把我找去为他们指点导管端的位置。他们在那里测量压力及分析各处的血氧含量，我无意中却掌握了心导管的关键。但当时想“心导管”回国后绝不可能有用，在那里不过是尽义务。

随之，一位犹太医生看见我忽而心电图室，忽而 X 线科，又转回到心脏研究室，告诉我真欲学好心电图学最好掌握 Katz 的心电图学。我立即买来了 Katz 的书，从头到尾看了一遍，大为欣赏，便申请去芝加哥 Michael Reese 研究所学习心电图。就在这个时候我发现了许多心脏病学家忽视的，发表在 1944 年 Amer Heart J 上，Wilson 等“Recordial ECG”，这是一篇厚达 40 页左右的巨著，讲述中心电轴，单极导联在 $V_1 \sim V_6$ 应用，我看后立即被深深吸引了。当然，那时 Wilson 对心前导联的解释以今天观点看来是错误的。他做狗实验，把电极直接放在右心室录出 rS 型，左心室则主要为 qR 图形，在两心室之间录出 R/S 比例大致相同。由于他们做的是直接电极，便深信右心室的 ECG 就是 rS 型，左心室则主要为 qR 型， V_3 、 V_4 为过渡区。关胸后在相应的区域同样录出这三种类型 ECG，便深信这隔着胸壁的半直接导联同样反映左、右心室及过渡区形态。好的文章终究会被广大心脏学者欣赏，特别是 Bailey 一组引用这些导联与尸检配合，发现能据以判断前间壁、前壁、侧壁及高侧壁心肌梗死，而后壁心肌梗死，则主要靠 II、III、aVF 来诊断（那时对后壁及下壁分析不清，把今天所称的下壁一律称为后壁）。这种想法及检查法也由 Katz 很勉强地，但又不得不采纳了。

回顾那时心电图成就，从 20 世纪初至 50 年代，通过 Lewis、Wiggers、Katz、Langendorf 及后来的 Pick、南非的 Schamroth 等各大师及学者们的辛勤实践，心电图学已成为一支成熟的学科。它建立了正常人的心电图各种数值，树立了心室、心房肥厚扩大，房室和室内传导异常，包括差异性传导、干扰与脱节、隐匿性传导、折返传导等现象的诊断标准，并且观察到在多种疾病状态下的心电改变，直到今日这些标准仍是临床诊断的准绳。尤其是心律失常及心肌梗死的诊断，心电图是绝对权威工具。可是当时对心律只有长条的心电图记录，上述学者们就是通过对这些长条记录进行反复推敲，长时间的分析和思考，提出了一系列心脏传导系统的电生理现象和假说。这些假说在以后发展的实验和临床电生理学中一一获得证实，并成为电生理学的基础，不能不令我们这些后人由衷地敬佩，至今是心电图学中宝贵的财富。我在芝加哥 Michael Reese 研究所对这些大师们做出的巨大成就耳濡目染，坐享其成，实属万幸。

为此我在 1950 年回国后，与方圻同志共同在极困难的条件下修理好这台 1928 年的弦线型心电图机。一方面在内科杂志上公布多导联心电图的优越性，另一方面便开班教学，各大医院主治医师来学习。学习当然必须有教材。当初若用照像术印刷大量教材太贵，便由蓝图取代。到 1955 年由内科秘书建议出书，辗转送交人民卫生出版社。终于 1956 年出版了第 1 版《临床心电图学》。这时虽基于 Wilson 的错误看法（右心室为 rS，左心室为 qR，过渡区为 R/S），但很易看懂，因此第 1 版在几年内印刷了 9 次，以致后来图开始有些模糊。到 60 年代初经出版社要求再写第 2 版。

在心电图正在蓬勃发展的同时，1949 年 G. Ling 等用直径 $1\mu\text{m}$ 玻璃微电极穿刺单细胞成功，观察到心肌细胞的动作电位。心肌细胞跨膜电位的形成与细胞内外离子浓度差有关（细

胞内液钾离子浓度 30 倍于细胞外液，而细胞外液的钠离子浓度 15 倍于细胞内)。除极了的细胞膜电位暂时处于相对的负性，而未除极处的细胞膜电位尚为阳性，因而形成了电耦（一对正负极）。但是整个心脏激动，除极过程以及复极过程，在心脏内呈立体性的迅速进行着，这便相当于多个电耦从除极处向尚未除极处迅速移动，阳极在前，阴极在后。由此看来心室（心脏）的激动便不再像 Wilson 所说的那么简单。电耦的移动形成向量（方向 + 强度），心室的除极及复极由多个向量同时移动（稍有前后不同）形成立体向量。瞬间向量连续形成空间向量环。心电图工作者了解到这点，便开始用单个综合向量环来解释左额面及横面上的投影，而各导联的心电图仅仅是这些向量环在各导联轴上的投影，或说该导联轴上的现形。

分析起来，三个标准导联和三个加压肢体导联，只不过是额面向量在六条导联轴上的现形，而稍后增加的 $V_1 \sim V_6$ 六个导联仅是横面向量环的现形，由于这六条导联轴过于集中，不少人便提出再加上右胸的 V_{3R} 、 V_{4R} 、 V_{5R} 及左后背的 V_7 、 V_8 、 V_9 导联。这样一来心电图的额面导联便自三个标准导联，加上三个 aVL、aVR、aVF（共计 6 个）再加上横面上的 6 个 $V_1 \sim V_6$ 成为现今标准的 12 导联心电图。目前在很多情况下还要加上左胸及后背的 6 个导联，统共形成 $12 + 6 = 18$ 导联心电图。

这样一改变“心电图的形成”便陡然给心电图初学者抛出一系列“心电向量”、“额面”“横面”向量环（有时还加上矢面）、“立体向量环在各面上的投影”以及心电图是在某些“导联轴上的投影”这一系列抽象的一时难以理解的概念。远不如第 1 版中所提的 rS 代表右心室，qRs 代表左心室，R/S 代表过渡区的心电图那么单纯，容易掌握。必然自一开始就感到心电图是个高深的学问，很难入门，使不少初学者便望而却步。

任何一册好书都应从浅至深，由浅近易懂的一些道理或图形渐渐引向深入。但《临床心电图学》自第 2 版开始，自“心电图的形成”这一章开始便当头一棒，使初学者望而生畏。这种写法大大违反了自浅向深引入的正常规律，但后面的内容却相当丰富，使很多医学院及至学生认为这是一册学习心电图的“好书”，但又难以从头理解，心电图学原来是一项并不难，通过自学便可以掌握的学问。我最近反复思考到这一点，日后若还有机会再次编写这书，便应自浅而深地写，把心电图的形成放在书的后面，等到初学者已熟练地掌握了如何正确地读、写心电图报告以后，有兴趣时再去读读心电图的形成一章，或自浅入深地引导初学者学好心电图学。

任何科学都在不停顿（或间有停顿）地向前发展。心电图学当然亦无例外，由于篇幅的限制，只能做一梗概的略谈。

1. 心电向量图 单个心电向量环的概念是用来简单地解释心电图图形的，没有任何一个人不凭心电图可以拍摄到立体或平面心电向量图，因为平面心电向量图 X、Y、Z 轴分别组合成额面（X、Y 心电图）横面（X、Z 心电图）及矢面（Y、Z 轴）心电向量图，而立体心电向量图模型便是由 X、Y、Z 三轴组合成的，不幸的竟由此发展出心电向量图学，期望用于临床诊断，甚至认为可以比心电图获得更多的信息。但是这种源自心电图的图形，怎么可能反倒获得“更多更准确”的诊断呢。相反，至今心电向量图没有个量的标准。经过多年实践，确实看不出它比常规心电图优越，使用起来很繁复，因此未能推广，逐渐淡化了。

2. 心电图监护 最初在胸前安上三个电极（一个在右上，一个在胸前某部，根据需要决定，另一个则为地线可安在胸前右下方）。这样便可以不间断地观察心律及重要部位的心

电图，即时发现问题，及时处理。这种监护法在我国最初应用于急性心肌梗死，以后便推广到外科及胸部以外的各种有心脏病患者的大手术中，以至任何疾病垂危时的抢救。心电图监护在我国始于 70 年代中叶，很快这种监护器推向全国各大、中型医院，为及时发现心率、心律失常，及时治疗和抢救提供了方便。

3. 24 小时（甚至 48 小时）动态心电图描记 由于 Holter 最先应用此法，在很短一个时期曾被称为 Holter 描记法，目前这类描记也已与心电监护同时发展，同时推广，但它与心电监护最大的差别便是它属于回顾性观察 24 小时。在患者活动时心脏有不适感时，特别是在熟睡中都把患者的每一次心搏描记在记录带上，而后用一分析仪仔细分析。这样可以看出 24 小时内心搏总次数，最快心率，最慢心率，最长的 RR 间期，动作中或熟睡中有无房室阻滞（及级别）早搏及阵发性房、室心律不齐等，用以决定是否需要治疗，包括应安装哪一类型的心脏起搏器。当然心脏起搏器的飞速发展也与心电图的进展密切相关，近年来动态心电图描记的应用引申到监护心率及心律的范围之外，经改进后的还能动态性地监测有痛或无痛性心肌缺血。应用心率变异做出的多项参数，分析正常和疾病心脏中自主神经的影响和反应，正在方兴未艾，也是基于 24 小时心电图描记。

4. 心电生理学的研究及进展 无疑，心电生理研究是心电图进展中最具特色的一个大分支。开始只不过记录和研究希氏束电图，而近十年来竟然发展到用以治疗越来越多的心律失常。当我在 40 年代末初学心电图时，若有人告诉我在 50 年内它不仅可诊断心律失常，而且可以发展到用以治愈多少种心律失常，一定会使我惊异到目瞪口呆。

科学的发展既是分门别类而又是综合性的，就像最近我读到的文献说明高血压、冠心病、心力衰竭，实际上都应自血管变化开始，表现虽大有不同，但基本病理却是统一到血管的变化。将来的解释必可同基因、分子及细胞生物生理学做出最后的彻底解决。心电图学只不过是其中一个小小的分支。但是，我们目前仍应回到 90 年代的现实中来，心电图仍是值得回顾而熟练掌握的。

（黄 宛）

心电图临床应用百年评价

荷兰 Leiden 大学生理学教授 Willem Einthoven 于一百年前发表了对人类心电图研究的首篇论文，翻开了心电图学历史的第一页。

Einthoven 于 1901 年发明了弦线电流计 (string galvanometer) 式心电图机。这是在前人工作的基础上，不断改革创新的结果。1887 年 Waller 曾用 Lippman 毛细管静电计 (Lippmann electrometer) 从体表记录到人类心脏电位，但用此法并加以改进 Einthoven 未能得到质量好、准确度高的心电活动记录。其后他改用 Ader 于 1897 年发明的弦线电流计进行研究，加以改进而成功地从体表记录到人类心电图并将记录到电流图形的几个波命名为 P、Q、R、S 和 T 波。Einthoven 用这世界第一台心电图机用于实验研究，发表了一些有关心电图新认识的论文，直到 1910 年才将之应用于临床。目前心电图机已成为诊断心脏疾病的重要无创性诊断工具在临床上广泛应用，由此派生出心脏病学的一个重要分支——心电图学在蓬勃发展。Einthoven 被公认为心电图之父，并于 1924 年获得了诺贝尔医学和生理学奖。

从事心电图研究的学者，早年探讨了各种记录心电图用的导联和记录的方法（以 Einthoven 三角理论为基础的 Einthoven 双极肢导联，双极胸导联）；以中心电端理论为依据 Wilson 于 1933 后创立的单极导联；Goldberger 于 1942 年创立的单极加压肢导联等，分析记录到的各种波形推断其所代表的意义，累积了大量有关波形的振幅和时间数据，提出了判断正常和异常的指标。这些指标基本上是经验性的。以后随着心电向量概念的提出和心电向量研究的发展（Wilson 和 Johnston 1938, Burger 和 Van Milaan 1946, Frank 1956 等），心肌细胞动作电位和其他电生理研究的深化（Woodbury 和 Hecht 1950, Draper 和 Weidmann 1951, Hokansson 1957, Hoffman 和 Granefield 1959, Vaughan Williams 1959 等），陆续提出各种理论来阐明从实践中得到的结果，探讨各种波形产生的机制，研究图形变化可能反映的问题，对心电活动的认识不断得到充实也不断更新，形成既有实践又有理论的现代心电图学。

心电图机的性能不断改进，品种不断更新。弦线电流计式心电图机已被淘汰，并为以电子学设施增大心电强度，以直接描记技术记录其波形的可移动式心电图机所取代。不同的装置还可将心电图展现在示波器屏幕上连续观察，作远距离监测，用电话线传送，24 小时以上连续记录（Holter 1957 年发明的动态心电图，“心电图事件记录器”，“环事件记录器”），探测心室晚电位（Hombach 1980 年，Mehra 1981 年信号平均心电图），运动或药物负荷（负荷心电图），记录向量心电图，立体心电图，与血流动力学指标，心脏电生理指标（Durrer 1968 年，Wellens 1971 年，心脏电生理检查）、超声心动图图像等同步记录。目前，集物理学、电子学、计算机技术、生物工程技术和心电分析技术于一体，使心电波形清晰而不失真，常规 12 导联（双极肢导联、加压单极肢导联、单极胸导联）可同步记录，能自动分析并给出诊断/报告的现代心电图机已经问世。

记录心电图所用的导联也在不断地发展。除常规导联外，有记录心电向量图和信号平均心电图时用的正交导联，用于监测和动态心电图记录的监护导联，用于体表心前区等电位标

测的体表标测导联，用于探测左心房和左心室后壁表面电位的食管导联，用于记录心房、心室腔内心电图的心腔内导联，记录房室束电图（Scherlag 1968 年）的特殊导联等。后两者使心电图成为有创性诊断的工具。

常规心电图通过判断心房肥大、心室肥厚和劳损、心肌缺血和损伤有助于诊断许多先天性心血管病，一些后天性心脏病如瓣膜病、冠心病、高血压心脏病、肺心病、心肌病等。它也有助于判断电解质紊乱特别是钾和钙等以及一些药物特别是治疗心血管病、寄生虫病、精神病、肿瘤等药物对心脏的影响。通过系列的记录可判断急性心包炎的演变过程，而对心肌梗死可做出定部位、定范围、定时期（急、慢性）的诊断。然而，心电图的最重要价值还在于对各种心律失常的诊断。Wenckebach 早在 1899 年就提出的房室传导异常，后被称为 Wenckebach 现象的Ⅱ度Ⅰ型房室阻滞，1906 年提出的窦房阻滞；Lewis 在 1909 年提出的室性心动过速，均为心电图记录所证实。心电图已成为临床诊断心律失常的金标准。心电图和心脏程序刺激结合进行的心脏电生理检查，还有助于判断心律失常的发生机制和选择合适的治疗措施。有些疾病和综合征，由于在心电图有特殊表现而被命名或被发现，如预激综合征（Wolff-Parkinson-White 1930 年）、QT 间期延长综合征（Jervell 和 Lange-Nielson 1957 年，Romano, Gemme 和 Pongiglione 1963 年）、早期复极综合征等。有些疾病其心电图有特殊的表现，后者成为重要的诊断条件，如致心律失常型右心室心肌病之有 epsilon 波（Fontaine 1978 年）、体温过低时之有 Osborn 波、Brugada 综合征之有右束支阻滞伴 $V_1 \sim V_3$ ST 段抬高（Brugada 1992）等。近年又对 QT 离散度、P 波离散度、心率变异性、心室复极时间变异性等进行研究，前两者有预测心律失常的价值，后两者可反映自主神经系统对心脏的影响，均通过信号的频谱分析方法而获得，这是分析心电图信息的一个新的方面。可见心电图学的发展还有广阔的前景。

（陈灏珠）